ELEKTRO-NYSTAGMOGRAFI VID KALORISKT OCH ROTATORISKT PROV

Av JAN STAHLE

Uppsala
1958

Från Öronkliniken (chef professor C. O. Nylén) samt
Flygmedicinska laboratoriet (föreståndare docent G. Aschan)
Akademiska sjukhuset, Uppsala

ELEKTRO-NYSTAGMOGRAFI VID KALORISKT OCH ROTATORISKT PROV

*

AKADEMISK AVHANDLING

som med tillstånd av vittberömda Medicinska Fakulteten i Uppsala
för vinnande av medicine doktorsgrad
offentligen försvaras å öronklinikens föreläsningssal
torsdagen den 22 maj 1958 kl. 10 f.m.

av

JAN STAHLE

Med. lic., Östg.

ALMQVIST & WIKSELLS BOKTRYCKERI AB

UPPSALA 1958

Detta arbete utgör

en sammanfattning av följande tidigare publicerade artiklar.

I. Electronystagmography in the caloric test.

Acta Soc. Med. Upsal. 61, 307, 1956.

II. Electronystagmography in the rotatory test.

A study in a series of normal individuals.

Acta Soc. Med. Upsal. 62, 77, 1957.

III. Electro-nystagmography in the caloric and rotatory tests.

A clinical study.

Acta oto-laryng., suppl. 137, 1958.

Referenser

till dessa tre arbeten kommer i det följande att ske

med användande av ovan angivna

romerska siffror.

INTRODUKTION

Nystagmus, inducerad av kaloriskt eller rotatoriskt stimulus, karaktäriseras ej blott av sin *duration* utan även av andra faktorer, såsom slagantal, frekvens (antalet slag per tidsenhet), amplitud samt ögats hastighet i den långsamma, vestibulära nystagmusfasen, vilka sistnämnda kan sammanfattas under begreppet *intensitet*. Durationen är det konventionella måttet på nystagmus. I Fitzgerald's & Hallpike's (*18*) schema för den kaloriska reaktionen tages endast hänsyn till durationen. Samma är förhållandet vid cupulometri enligt van Egmond, Groen och Jongkees (*15*).

Redan 1911 ifrågasatte Bárány & Wittmaack (*10*), huruvida durationen enbart kunde anses vara ett tillräckligt mått på en kaloriskt eller rotatoriskt inducerad nystagmus och om ej hänsyn borde tagas även till intensiteten samt hänvisade till de möjligheter som syntes erbjuda sig i den av Buys (*11*) nyligen offentliggjorda metoden för nystagmografi. Varken denna eller flera senare, bl.a. Dohlman's (*13*) foto-kymografiska metod, var dock kliniskt användbara. Bristen på kliniskt lämpliga metoder för registrering av nystagmus torde i väsentlig grad ha bidragit till att föga hänsyn tagits till nystagmus intensitet. En uppfattning härom kan emellertid, även om med viss svårighet, erhållas vid direkt observation genom slagantalet (*1*) eller frekvensen (*41*) eller slutligen helt enkelt genom en grov subjektiv uppskattning (*18*), men även dessa möjligheter synes av litteraturen att döma sällan ha utnyttjats.

Kliniskt användbara metoder för nystagmografi har under senare år utvecklats på basis av den av Schott (*39*) föreslagna elektro-nystagmografiska tekniken.

Tvenne principiellt olika metoder har tillämpats för att ange intensiteten i en kaloriskt eller rotatoriskt inducerad nystagmus. Jung & Tönnies (*29*) och Mittermaier (*30, 31*) har valt att uttrycka densamma i totala slagantalet och totalamplituden. Henriksson (*24*) har å andra sidan, med utgångspunkt från Buys' (*12*) och Dohlmans (*13*) iakttagelser av ett samband mellan stimulus och hastigheten i den långsamma nystagmusfasen, valt att uttrycka intensiteten av en kaloriskt inducerad nystagmus med det maximala värdet för ögats hastighet i den långsamma nystagmusfasen.

Nystagmografiska undersökningar på normalmaterial har visat att durationen, såväl i kaloriskt som rotatoriskt prov, är en i förhållande till intensiteten relativt konstant faktor, vilken i mindre grad ger uttryck för variationer i stimulus styrka än intensiteten (*3, 24, 32, 35, 38*). Den sistnämnda har på grund härav förmodats vara en bättre indikator på labyrintfunktionen. Kliniska erfarenheter av nystagmografi vid kaloriskt och rotatoriskt prov är hittills mycket begränsade. I några fall har emellertid Mittermaier (*33, 34*), Aschan & Stahle (*7, 8*) samt Henriksson (*24*) visat att durationen ej ger adekvat uttryck för en labyrintär läsion, vilken däremot avspeglas i intensitetens olika faktorer.

Elektro-nystagmografi enligt Schott (*39*) med en för kliniskt bruk lämpad modifikation, angiven av Aschan (*2*), har tillämpats vid Uppsala-kliniken sedan 6 år tillbaka. För att kliniskt kunna bedöma de nystagmografiska resultaten av kaloriskt och rotatoriskt prov var det först nödvändigt att studera ett normalmaterial. Detta har redovisats i arbetena I och II. I del III framlägges de med utgångspunkt härifrån gjorda kliniska erfarenheterna.

METOD FÖR ELEKTRO-NYSTAGMOGRAFI

Elektro-nystagmografin baserar sig på det förhållandet att en potentialdifferens föreligger mellan cornea (positiv) och retina (negativ). Ögat utgör en roterande dipol, och vid dess rörelser uppstår förändringar i cornea-retinapotentialen, proportionella till ögonrörelsen, vilka kan registreras. Som registrerande instrument har använts Elema's *Mingograf* (modell 12 och 24)[1], kompletterad med förförstärkare. För registrering av horisontell nystagmus har elektroder (silverplattor med omkring 8 mm diameter) applicerats en vid vardera laterala ögonvrån, för vertikal nystagmus en elektrod ovan och en nedom ena ögat. Vid kaloriskt och rotatoriskt prov, där testpersonen placerats i ryggläge med huvudet omkring 30° framåtböjt, respektive sittande med huvudet omkring 30° framåtlutat, erhålles ögonrörelser huvudsakligen i horisontalplanet, varför en vertikal avledning här är överflödig (I). För registrering av spontan- eller lägenystagmus bör såväl horisontell som vertikal avledning ske. Metoden medger ej en registrering av en rent rotatorisk ögonrörelse.

Tidskonstanten i skrivaren är 1,7 sek., varigenom erhålles en tillfredsställande återgivning av den långsamma nystagmusfasen. Pappershastigheten har varit 10 mm/sek. Kalibrering har skett mellan tvenne, växelvis lysande punkter på 10° avstånd från varandra. Nystagmografi har alltid utförts med test-personens ögon slutna.

Bedömning av kurvorna: Durationen av nystagmus har mätts från det ögonblick, då kalorisationen respektive rotationen startat och till det sista tydliga nystagmusslaget. Slagantalet anger det totala antalet snabba faser under denna tidsperiod. Totalamplituden har beräknats på ett förenklat sätt, angivet av Jung & Tönnies (*29*), genom en summering av längden av samtliga snabba faser. Detta förfarande motiveras av att snabba fasen avbildas nästan rent vertikalt, varför dess längd i det närmaste är identisk med amplituden. Hastigheten i den långsamma nystagmusfasen har vid rotatoriskt prov mätts enligt Groen (*19*) på basis av kurvans lutning. Vid kaloriskt prov har beräkningen härav skett under 10-sekundersperioder (från spolningens början) på sätt som ovan angivits för totalamplituden. Det högst uppmätta värdet har dividerats med tiden 10 och betecknats som maximala intensiteten. Styrkan av spontan- och lägenystagmus (del III) har på liknande sätt angivits

[1] AB Elema, Industrivägen 23, Stockholm-Solna.

som ett medelvärde för hastigheten i den långsamma nystagmusfasen och betecknats som nystagmus' intensitet.

En utförlig redogörelse för den nystagmografiska metoden har givits i ett tidigare arbete av Aschan, Bergstedt & Stahle (*5*).

I. ELEKTRO-NYSTAGMOGRAFI VID KALORISKT PROV

Avsikten med detta arbete är att studera nystagmus duration, slagantal, totalamplitud samt maximala intensitet hos normala individer samt att ange normalvärden för kliniskt arbete. Kalorisation har skett med 30° och 44° vatten enligt Fitzgerald's och Hallpike's teknik (*18*), dock med den modifikationen, att spolningstiden varit blott 30 sekunder och vattenmängden omkring 100 cc.

De enstaka reaktionerna visar stora inter-individuella variationer i samtliga faktorer. Durationen varierar mellan omkring 150–250 sek., slagantalet 100–250, totalamplituden 500–2000° och maximala intensiteten 7–30°/sek. Medelvärdena för de olika faktorerna, baserade på samtliga fyra reaktioner, är för durationen 177 sek., slagantalet 185, totalamplituden 1251° samt för maximala intensiteten 16°/sek.

Även de intra-individuella variationerna kan vara stora. I en tidigare ej publicerad serie omfattande tre normala individer har utförts kaloriskt prov fem dagar å rad vid samma tidpunkt på dagen. Dygnsvariationerna hos en individ framgår av följande serie, som ger lägsta och högsta värdet från vänster öra med 30° vatten: duration 193–226 sek., slagantal 180–306, totalamplitud 752–1918° samt max. intensitet 8–21°/sek. Liknande resultat erhölls vid återstående tre kalorisationer. Variabiliteten var ungefär lika stor hos de tre individerna. Durationen företer mindre variationer jämfört med övriga faktorer, vilket överensstämmer med vad tidigare angivits (*35*). Samma tendens framgår av Henrikssons (*24*) serie, som visar att maximala hastigheten i den långsamma fasen, utlöst från samma labyrint vid tvenne undersökningstillfällen, kan variera mellan 8 och 27°/sek.

Någon statistiskt påvisbar skillnad mellan reaktionerna utlösta av kallt och varmt vatten föreligger ej. Detta resultat står i motsats till vad som angivits av Fitzgerald & Hallpike (*18*) samt Jongkees (*27*), som funnit en genomsnittligt längre duration efter kallvattenkalorisation men överensstämmer beträffande maximala intensiteten med vad som observerats av Aschan (*3*) samt Henriksson (*24*).

Medelvärdet för durationen (177 sek.) är avsevärt högre än vad som tidigare noterats vid direkt observation av nystagmus, utan (*18*) eller med (*27*) Frenzel's glasögon. Det överstiger även det medelvärde (155 sek.) som angivits av Henriksson (*24*), som utfört nystagmografi med test-personens ögon öppna i totalt mörkt rum. Förklaringen till den längre durationen är, att fixationen utövar ett hämmande inflytande på nystagmus, vilket elimineras vid nystagmografi med testpersonens ögon slutna. Samma iakttagelse har gjorts vid rotatoriskt prov (II).

Det kaloriska provet är i första hand en test på huruvida symmetri föreligger mellan höger och vänster labyrint, respektive mellan höger- och vänsterslående nystagmus. Värdet av de enstaka observationerna har tillmätts mindre klinisk betydelse till följd av de normalt förekommande stora inter-individuella variationerna (*20, 27*). För att studera hur stora asymmetrier i ovannämnda två förhållanden som normalt kan förekomma har gjorts en statistisk analys, där värdena för kall- och varmvattenkalorisation adderats. Medelvärdena för 30 observationer överensstämmer väl. Gränsen för maximalt tillåtna differenser har satts till 2 × SD med utgångspunkt från medeldifferensen. Följande *approximativa normalvärden* har föreslagits och tillämpats i kliniskt arbete (III):

	Höger/vänster labyrint	Höger/vänsterslående nystagmus
Duration	60 sek.	60 sek.
Slagantal	100	175
Totalamplitud	1000°	1000°
Max. intensitet	10°/sek.	10°/sek.

De föreslagna normalvärdena för slagantal och totalamplitud (höger/vänster labyrint) har senare konfirmerats av Hamersma (*23*), som däremot angivit en dubbelt så stor tillåten differens för durationen. Förklaringen härtill torde vara olikheter i registreringsapparaturen, huvudsakligen influerande på durationen (III).

Förhållandet mellan nystagmus olika faktorer har studerats. Detta problem tages dock ånyo upp i samband med det rotatoriska provet, och belyses närmare i arbete II.

Latenstiden, dvs. tiden mellan spolningens början och första nystagmusslaget, har mätts. Delade meningar råder om dess kliniska värde. Flera författare, bl.a. Dohlman (*13*), anser den enbart vara ett uttryck för tiden för värmevågens transmission genom temporalbenet, medan andra tillmäter den diagnostisk betydelse (*42*). Ett medelvärde på 25 sek. (standarddeviation omkring 8 sek.) har noterats. Samma medelvärde har senare angivits av Hamersma (*23*). Differensen mellan höger och vänster labyrint överskrider vanligen ej 8 sekunder vid kall- respektive varmvattenkalorisationen.

Upprepade stimuli, framför allt rotationer, kan leda till en successiv försvagning av reaktionerna, ett fenomen som av Hallpike & Hood (*21*) betecknats med *response decline* (*RD*). Huruvida detta kan uppträda vid kaloriskt prov är ej fullt klarlagt. Fitzgerald & Hallpike (*18*) anser det ej förekomma vid deras metod för kalorisation. Djurexperimentella undersökningar har ej heller givit hållpunkter för ett kaloriskt RD (*25*). Nystagmografiskt har emellertid Mittermaier (*30*) efter upprepade kalorisationer med 17° vatten

kunnat visa ett RD i slagantal och totalamplitud. Då ett fullständigt kaloriskt prov med här tillämpad teknik innebär fyra på varandra följande stimuli, åtskilda av ett intervall på omkring 10 minuter, kan uppkomsten av ett RD ej uteslutas, vilket i sin tur skulle innebära ett metodfel. Materialet har därför studerats för att fastställa, huruvida RD förekommer eller ej. Något response decline har ej påvisats i duration, slagantal eller totalamplitud. Däremot uppträdde fenomenet i maximala intensiteten, dock endast om provet inleddes med varmvattenkalorisation. Då så vanligen ej brukar ske i kliniskt arbete, behöver således hänsyn ej tagas till denna faktor.

Slutligen har *nystagmus' rytm* studerats. Normalt karaktäriseras den kaloriska reaktionen av att nystagmusslagen kommer i relativt jämn följd, tätast under reaktionens maximum (60–90 sekunder efter påbörjad kalorisation) för att mot reaktionens slut bli allt glesare. Genom att utföra upprepade kalorisationer i tät följd kan provoceras en dysrytmisk nystagmus, karaktäriserad av att nystagmusslagen kommer i salvor med mellanliggande nystagmusfria intervall (*5*). Som tänkbar förklaring härtill har antagits en interferens mellan tvenne nystagmusfaser med motsatt slagriktning. Även till följd av den initiala kalorisationen har emellertid i något enstaka fall noterats en uttalad dysrytmik bland normalmaterialet. Fenomenet förekommer ej sällan i kliniska fall och belyses ytterligare i del III.

II. ELEKTRO-NYSTAGMOGRAFI VID ROTATORISKT PROV

Avsikten är att nystagmografiskt studera den normala individens reaktioner vid rotatoriskt stimulus samt att ange normalvärden för kliniskt arbete. Tvenne olika rotationsprov har tillämpats, dels cupulometri (*15*), dels ett förenklat prov, betecknat AD test (acceleratory-deceleratory test). Det sistnämnda överensstämmer i princip med tidigare av Hallpike, Hood & Byford (*22*) samt Portmann och medarbetare (*37*) föreslagna. I detta arbete tas även upp frågan om ett eventuellt samband mellan nystagmus olika faktorer (såväl i rotatoriskt som kaloriskt prov), response decline samt slutligen formeln för torsionspendeln, applicerad på cupula-endolymfsystemet.

Cupulometri har utförts med i stort sett samma teknik som i en tidigare, icke nystagmografisk undersökning (*6*) för att möjliggöra jämförelser mellan de olika metoderna. Rotationshastigheterna har varit 60°, 30° och 15°/sek., och inbromsning har skett med 12°/sek². Medelvärdena för höger- och vänsterslående nystagmus (30 observationer) överensstämmer väl i samtliga faktorer (duration, slagantal, totalamplitud samt maximala hastigheten i den långsamma nystagmusfasen). En statistisk bearbetning av materialet visar stor spridningstendens, framför allt vid den lägsta impulsen (15°/sek.). Durationen av nystagmus vid de tre impulserna är i genomsnitt 41, 30 och 16 sekunder, och för den subjektiva sensationen av rotation 33, 26 och 19 sekunder. Utritade i ett cupulogram skär nystagmus- och sensationskurvorna varandra i överensstämmelse med vad som tidigare visats av van Egmond, Groen och Jongkees (*15*).

Jämfört med tidigare cupulometriska undersökningar, där nystagmus observerats med användande av Frenzel's lysglasögon, erhålles vid nystagmografi i genomsnitt 30 % högre värden för durationen av nystagmus. Denna förlängning i reaktionen är ett uttryck för bortfallet av fixationen. Analoga iakttagelser har noterats vid kaloriskt prov.

AD testen utföres på följande sätt:

a) acceleration med 6°/sek.^{2} till en rotationshastighet på 60°/sek., efterföljt av
b) en period av konstant rotationshastighet under minst 60 sekunder, eller om sekundär fas föreligger, tills all nystagmus försvunnit, varefter göres
c) retardation med 6°/sek.^{2} under 10 sekunder, dvs. till stopp.

Rotation göres såväl åt höger som åt vänster med ett mellanliggande intervall på omkring 5 minuter. Sammanlagt erhålles således fyra reaktioner. Medelvärdet för den enstaka reaktionen är för durationen 36 sek., slagantalet 55, totalamplituden 268° och maximala ögonhastigheten 35°/sek. I två av reaktionerna är nystagmus högerslående och i två vänsterslående. Nystagmus med samma slagriktning adderas (reaktion 1 + 4, respektive 2 + 3), varefter jämföres erhållna resultat. Medelvärdena för höger- och vänsterslående nystagmus i samtliga fyra faktorer överensstämmer väl, och någon nystagmusberedskap föreligger ej. Gränsen för maximalt tillåtna differenser har, liksom vid kaloriskt prov, satts till 2 × SD från medeldifferensen. För AD testen har följande *approximativa gränsvärden* föreslagits: durationen 12 sek., slagantalet 40, totalamplituden 200° och maximala ögonhastigheten 25°/sek.

Ett schema för överskådlig uppställning av resultaten vid AD testen har föreslagits.

AD testen fordrar blott två rotationer och är därför enklare och mindre tidskrävande än cupulometrin, som fordrar 6 eller flera.

Acceleration och retardation utföres vid AD testen med samma stimulus (6°/sek.^{2} under 10 sekunder), varför reaktioner av samma styrka borde kunna förväntas. Emellertid har vid retardation något högre värden i genomsnitt erhållits för framför allt durationen, men även för slagantalet och totalamplituden. Förklaringen härtill har ansetts vara att en av accelerationen inducerad sekundär fas — ehuru ej synlig som nystagmus — adderas till den efterföljande av retardationen utlösta primära nystagmusfasen. Detta metodfel elimineras dock genom att resultaten av en acceleration och en retardation adderas.

Ett *response decline* (jämför kalorisk test) har i AD testen noterats i maximala ögonhastigheten, där en statistiskt signifikant skillnad föreligger mellan medelvärdena för de först och sist utlösta reaktionerna. Även detta metodfel torde elimineras genom att dessa två reaktioner adderas. I duration, slagantal och totalamplitud föreligger intet RD. Även vid cupulometri kan ett RD förekomma, vilket i sin tur kan leda till felaktiga konklusioner beträffande en nystagmusberedskap (*6*). Den som normalt ansedda nystagmusberedskapen, företrädesvis åt vänster, som rapporterats av bl.a. Hulk (*26*) och

Jongkees (*28*) har ej kunnat verifieras och torde förklaras av metodologiska faktorer.

Liksom tidigare visats vid kaloriskt prov (*24*, *35*) är durationen även vid rotatoriskt prov en mindre variabel faktor jämfört med de olika uttrycken för intensiteten. Detta framträder speciellt tydligt vid cupulometri. Vid en impuls på 60°/sek. är den genomsnittliga variationskoefficienten för durationen omkring 25 %, men för totalamplituden 60 %. Även i AD testen har durationen den lägsta variationskoefficienten.

Sambandet mellan nystagmus fyra faktorer, såväl i rotatoriskt som kaloriskt prov, har studerats. Någon signifikant korrelation föreligger ej mellan durationen å ena sidan och intensitetens tre faktorer å den andra. Däremot synes en positiv korrelation finnas mellan slagantal, totalamplitud och maximala ögonhastigheten i den långsamma nystagmusfasen. Detta framträder tydligast vid en jämförelse mellan totalamplituden och maximala intensiteten i kaloriskt prov ($P < 0{,}001$). På grund av dessa iakttagelser kan det ifrågasättas, huruvida det i kliniskt arbete är nödvändigt att mäta samtliga tre faktorer, eller om undersökningen kan förenklas till en bedömning av blott en. Detta problem belyses vidare i del III.

De nystagmografiska resultaten vid cupulometri visar i överensstämmelse med *formeln för torsionspendeln*, att durationen av nystagmus liksom sensationen av rotation är proportionella mot logaritmen för impulsen samt att hastigheten i den långsamma nystagmusfasen är proportionell mot impulsen. I motsats till Groen (*14*, *19*) visar emellertid resultaten, att hastigheten i den långsamma nystagmusfasen endast hos ett fåtal individer (omkring 15 %) är lika med impulsen. En genomsnittlig proportionalitetsfaktor på 0,6 har noterats. Även slagantal och totalamplitud är proportionella mot impulsen, vilket ytterligare understryker det ovan relaterade sambandet mellan dessa faktorer och ögonhastigheten.

Den i pendelformeln ingående konstanten Π/Δ, som ger uttryck för den tid det tar för cupulan att återgå från maximal deflektion till 0-läget, varierar individuellt. Nystagmografiskt är dess medelvärde med utgångspunkt från durationen 18 sekunder. Detta värde är högre än tidigare noterade, där nystagmus observerats direkt (*15*, *16*). För sensationen har noterats ett medelvärde på 10 sekunder, vilket överensstämmer med tidigare angivna. Det är anmärkningsvärt, att värdena för nystagmus samt sensation ej visar parallellitet, då orsaken till båda fenomenen är densamma — cupulans deflektion. Skillnaderna torde få tillskrivas en central hämningsmekanism, som mest påverkar sensationen. Nystagmus duration å andra sidan hämmas tydligt av fixationen, vilken däremot mindre synes inverka på sensationen. Värdet av att applicera ett mekaniskt tänkande på ett biologiskt fenomen som cupulans funktion kan ifrågasättas, eftersom transmissionen av cupularörelsen till nystagmus eller sensation av rotation påverkas av ett flertal extralabyrintära faktorer. Om formeln för torsionspendeln skall tillämpas bör dock konstanten Π/Δ baseras på nystagmus, som är den faktor som påverkas minst.

III. ELEKTRO-NYSTAGMOGRAFI VID KALORISKT OCH ROTATORISKT PROV. EN KLINISK STUDIE

Mot bakgrunden av de erfarenheter som gjorts vid studier på normala individer (del I och II) har elektro-nystagmografi tillämpats i praktiskt-kliniskt arbete. Avsikten med detta arbete är

1. att avgöra på vilket eller vilka uttryck (duration, slagantal, totalamplitud och maximala ögonhastigheten i den långsamma nystagmusfasen) bedömningen av den kaloriskt eller rotatoriskt inducerade reaktionen bör baseras, samt huruvida någon av dessa faktorer kan anses ha ett större diagnostiskt värde än övriga och undersökningen till följd därav förenklas,
2. att bedöma det kliniska värdet av rotationsprovet,
3. att studera huruvida lägenystagmus kan influera på resultaten av kaloriskt och rotatoriskt prov samt den eventuella fördelen av nystagmografi vid bedömningen av den kaloriska reaktionen i fall med nystagmus i testläget,
4. samt slutligen att försöka ange riktlinjer för en vestibulär undersökning lämpad för rutinarbete.

Resultaten av sammanlagt 104 nystagmografiska undersökningar på 91 fall med såväl perifera som centrala, vestibulära läsioner redovisas. Fullständigt kaloriskt prov (30° + 44° vatten) liksom lägeprov har utförts i samtliga, rotationsprov (AD test) i 40 fall. Materialet har indelats i tvenne huvudgrupper. I den första (84 fall) föreligger ej spontan- eller lägenystagmus i testlägena för kaloriskt och rotatoriskt prov och denna grupp inkluderar 35 Menière-fall, 16 fall av perifera läsioner av annan diagnos samt 33 fall av centrala vestibulära läsioner. Den andra gruppen (20 fall av varierande diagnos) karaktäriseras av förekomsten av nystagmus i testläget för kaloriskt prov.

Lägenystagmus har registrerats i 17 av 35 Menière-fall, därav riktningsväxlande (typ 1) i 3 samt riktnings-specifik (typ 2) i 14. Riktningen av lägenystagmus tillåter inga slutsatser beträffande vilken sida, som är läderad. I fall med centrala läsioner har lägenystagmus noterats i 14 fall av 33, därav typ 1 i två fall, typ 2 i åtta fall samt typ 3-(transitorisk) i fyra fall.

Kaloriskt prov vid perifera vestibulära läsioner visar, att durationen i många fall ej ger uttryck för en nedsatt labyrintfunktion, vilken framträder först i slagantal, totalamplitud samt maximala intensiteten. Bland 35 Menière-fall visade durationen nedsatt retbarhet i omkring 1/3, övriga faktorer däremot i omkring 2/3. Liknande tendens förekommer även bland perifera läsioner av annan diagnos, vilket illustreras bl.a. med ett fall av ensidig acusticustumör, där den för diagnosen så väsentliga upplysningen om labyrintfunktionen erhålles enbart genom nystagmus intensitet.

En nystagmusberedskap i en eller flera faktorer har vid perifera läsioner noterats i 24 fall av 51, i flertalet dock i kombination med nedsatt retbarhet (*combined lesion* enligt Fitzgerald & Hallpike, *18*). Nystagmusberedskapen manifesteras i dessa fall vanligen i såväl duration som intensitet.

Vid centrala vestibulära läsioner synes durationen oftare ge uttryck för en nystagmusberedskap jämfört med intensiteten. Det föreligger ej någon tydlig överensstämmelse mellan graden av nystagmusberedskap i duration och intensitet. I ett flertal fall har noterats mycket stora differenser i durationen, vilka ej motsvarats av liknande i slagantal, totalamplitud eller maximala intensiteten.

Durationen är sålunda ej ett tillräckligt kriterium vid bedömning av labyrintfunktionen med kaloriskt prov. Intensitetens olika faktorer har här ett större diagnostiskt värde. Härigenom bekräftas vad som framgått av tidigare publicerade enstaka fall (*5, 7, 8, 24, 33, 34*). Slagantal, totalamplitud och maximala intensiteten ger i huvudsak analoga resultat, vilket framgått även vid studier på normala (I och II). I praktiskt-kliniskt arbete är det därför tillräckligt att mäta blott en av dessa faktorer. Med här använd metod för nystagmografi är slagantal och maximala intensiteten enklast att mäta, slagantalet den minst tidskrävande. Totalamplituden, som av Mittermaier och medarbetare ansetts vara den bästa indikatorn på labyrintfunktionen, har ej givit mera signifikativa resultat än övriga två faktorer och torde kunna negligeras. *Durationen ger å andra sidan vanligen fullt adekvat uttryck för en nystagmusberedskap.* I fall, där enbart en dylik föreligger, torde det därför vara tillräckligt att mäta durationen, kompletterad med en subjektiv uppskattning på kurvorna av intensiteten.

Det kliniska materialet har även bedömts med utgångspunkt från de absoluta värdena för nystagmus (kallt + varmt vatten). Som redan visats i del I företer dessa normalt mycket stora inter-individuella variationer. Det kliniska materialet kan i stort sett sägas gruppera sig inom samma område. Först genom att korrelera reaktionerna från höger och vänster labyrint, respektive mellan höger- och vänsterslående nystagmus till varandra, erhålles de ur klinisk-diagnostisk synpunkt väsentliga informationerna om den vestibulära funktionen.

En nystagmusberedskap kan komma till uttryck i en förkortad *latenstid*, varför denna faktor ej bör negligeras.

En uttalad *dysrytmik* i den kaloriskt inducerade nystagmus har uppfattats som uttryck för en central vestibulär läsion. Detta fenomen kan dock förekomma normalt (I) samt provoceras genom upprepade kalorisationer i tät följd.

Även där den kliniska bilden i första hand talar för en central läsion kan det kaloriska provet samtidigt visa såväl nystagmusberedskap som nedsatt retbarhet. Detta har bl. a. noterats i 5 fall av 10 med posttraumatisk encephalopati. En labyrintskada som förklaring till den försvagade kaloriska reaktionen kan i dessa fall ej uteslutas. Ett patologiskt response decline respektive provokation till följd av upprepade stimuli har även förmodats kunna leda till dylika kombinationer.

En *post-rotatorisk nystagmusberedskap*, oavsett etiologi, framkommer lika tydligt i duration, slagantal och totalamplitud, men ses däremot mera sällan i maximala ögonhastigheten. En mätning av durationen torde därför vanligen

vara tillräcklig. Såväl cupulometri som AD test har vid några tillfällen utförts på samma fall, varvid analoga resultat noterats.

För att bedöma det kliniska värdet av rotationsprovet (AD test) har en jämförelse gjorts mellan resultaten av kaloriskt och rotatoriskt prov. Denna visar att vid nedsatt kalorisk retbarhet är rotationsprovet i flertalet fall normalt, samt att en kalorisk nystagmusberedskap vanligen motsvaras av en post-rotatorisk i samma riktning. I enstaka fall har en post-rotatorisk beredskap noterats vid normalt kaloriskt prov. *Rotationsprovet synes således sällan ge några för diagnosen väsentliga informationer utöver ett fullständigt kaloriskt prov, varför dess kliniska värde torde kunna anses ringa.* De resultat, som kan erhållas vid rotatoriskt prov, vilket om exakt metodik eftersträvas, kräver en tekniskt avancerad, dyrbar utrustning, står ej i proportion till vad som med enkla medel kan erhållas vid kaloriskt prov. En rutinundersökning kan därför förenklas till att omfatta enbart kaloriskt prov. Indikationen för rotationsprov är fall, där en mera ingående klinisk penetrering avses, eller där kalorisation med vatten ej bör utföras.

Med utgångspunkt från *Ewald's lag 2* har det ansetts vara möjligt att medelst rotatoriskt prov bedöma den enskilda labyrintens funktion. Ett flertal argument har dock rests mot giltigheten av denna lag (*3*, *18*, *28* m.fl.). Trenne på nystagmografi grundade iakttagelser, motsägande Ewald's lag har gjorts: a) Vid kaloriskt prov på normala individer (I) erhålles lika starka reaktioner av 30° som 44° vatten, vilket ger ampullofugal respektive ampullopetal endolymfströmning i de horisontella båggångarna. En reaktion enligt Ewald's lag skulle inneburit en starkare varmvattenreaktion. b) I fall där ensidig labyrintdestruktion utförts och som haft kvarstående spontan nystagmus har visats, att rotation åt höger och vänster ger reaktioner av samma styrka (*5*). c) I det kliniska materialet (III) har en reaktion i överensstämmelse med Ewald's lag erhållits i blott 8 fall av 25. Bland dessa 8 kunde i flera anges skäl talande för att denna överensstämmelse ej var uttryck för cupulans deflektion utan för en vestibulär tonusdifferens, i tidigare sjukdomsskede manifesterad i form av spontan nystagmus. Rotationsprovet (AD test) medger sålunda ej en selektiv bedömning av den enskilda labyrintens funktion i fall, där båda labyrinterna kan förmodas fungera. Sannolikt torde, i överensstämmelse med Hallpike & Hood (*21*), Ewald's lag 2 kunna anses som en artefakt.

En kalorisk eller post-rotatorisk nystagmusberedskap förekommer ofta i den riktning lägenystagmus slår (typ 2) eller är mest uttalad, vilket talar för ett samband mellan dessa fenomen.

Elektro-nystagmografin möjliggör en adekvat bedömning av labyrintfunktionen med kaloriskt prov även i fall med nystagmus i testläget (ryggläge med huvudet 30° framåtböjt). Principen är att före kalorisationen beräkna ett medelvärde för nystagmus intensitet (hastigheten i den långsamma nystagmusfasen) samt från denna nivå sedan bedöma effekten av kalorisationen. Denna kan leda till en ökning, minskning, riktningsändring eller eventuellt ingen påverkan av den »spontana» nystagmus. Intensiteten av nystagmus i

testläget överskrider sällan 10–15°/sek. och dess medelnivå ligger relativt konstant. Rytmiska variationer på 3–4°/sek. med maxima ungefär var 3–4 minut har noterats i fall av morbus Menière samt vestibularisneurit. Detta har uppfattats vara ett fenomen i analogi med andra periodiska förlopp hos nystagmus, såsom sekundära faser efter rotation eller kalorisation (*4*, *17*), riktningsväxlingar i lägenystagmus vid oförändrat huvudläge (*36*, *40*) samt dysrytmik vid kaloriskt prov (I). En klinisk bedömning av den kaloriska reaktionen i dessa fall bör baseras på maximala intensiteterna. En differens mellan reaktionerna från höger och vänster labyrint (kallt + varmt vatten) överskridande 10°/sek. har ansetts vara tecken till en nedsatt labyrintfunktion. Durationen liksom totalamplituden kan även mätas, vilket dock är tidskrävande, och har ej givit mera signifikativa resultat än maximala intensiteten.

I fall med nystagmus i testläget, där kaloriskt prov visat en nedsatt labyrintfunktion, är nystagmus vanligen riktad *från* den paretiska labyrinten. Detta har uppfattats som uttryck för ett funktionsbortfall i analogi med vad som ses efter en operativ labyrintdestruktion.

Av de 20 fall med nystagmus i testläget som redovisas har flertalet efterundersökts i senare, nystagmusfritt intervall, varvid 11 företedde en kalorisk eller post-rotatorisk nystagmusberedskap i samma riktning som den ursprungliga nystagmus. Detta talar för att spontan- eller lägenystagmus å ena sidan samt nystagmusberedskap å andra sidan kan vara identiska fenomen, fast i olika hög grad. Denna överensstämmelse har noterats såväl i fall med centrala som perifera läsioner.

Med utgångspunkt från i detta och tidigare arbeten (*5*, *8*, *9*) gjorda erfarenheter föreslås slutligen en *plan för en vestibulär undersökning*. Denna har utformats i avsikt att ge en så fullständig bild som möjligt av den vestibulära funktionen inom en i rutinarbete rimlig undersökningstid och med ett för patienten så skonsamt förfarande som möjligt.

1. Balans-, gång- och koordinationsprov.
2. Undersökning av förekomsten av spontan- och lägenystagmus med utnyttjande av Frenzel's lysglasögon. Motiveringen härför är att nystagmografin ej medger en registrering av den rotatoriska komponenten i nystagmus, vilken i enstaka fall kan vara dominerande.
3. Elektro-nystagmografi vid lägeprov, eventuellt fistelprov, samt kaloriskt prov med 30° och 44° vatten. Vid bedömningen av den kaloriska reaktionen mätes först durationen. Där denna ger symmetriska värden och en subjektiv bedömning av kurvorna ej visar några tydliga asymmetrier i intensiteten, kan den kaloriska reaktionen anses vara normal. Där durationen visar klart patologiska differenser torde likaså en mätning av intensiteten vara överflödig och en kompletterande uppskattning av kurvorna tillräcklig. Där emellertid durationen är symmetrisk eller resultaten därav ej entydiga och kurvorna visar asymmetrier i intensiteten, måste denna mätas (slagantal eller maximala intensiteten). I de fall, slutligen, där nystagmus föreligger i testläget för kaloriskt prov, framträder ej sällan en

nedsatt retbarhet så tydligt direkt av kurvorna att en mätning är överflödig. Där så ej är fallet måste i första hand maximala intensiteterna mätas.

Till Öronklinikens i Uppsala chef, professor Carl Olof Nylén, framför jag ett varmt tack för allt stöd och för det stora personliga intresse, med vilket han omfattat detta arbete.

Docent Gunnar Aschan, som introducerat nystagmografin vid Uppsala-kliniken, har genom att ställa Flygmedicinska laboratoriets resurser till mitt förfogande möjliggjort genomförandet av arbetet. För detta och för många goda råd är jag honom stor tack skyldig.

Docent Gösta Herberts har välvilligt stött mitt arbete genom värdefull kritik och genom att dela med sig av sin stora kliniska erfarenhet.

Till dr Martin Bergstedt och civilingeniör Allan Bergstedt framföres ett tack för hjälp i metodologiska frågor, liksom till fil. lic. Alf Sjölander vid Institutionen för mekanik och matematisk fysik, Uppsala, för hjälp med fysikaliska problem. Statistiska beräkningar har skett i samarbete med aktuarie Elvir Lander och med. kand. Arnold Korbi, Statens rasbiologiska institut, Uppsala. Översättningen till engelska har gjorts av fru Marcia Skogh, M. B., Ch. B., Uppsala. Illustrationerna har utförts av herr Henry Johansson, Flygmedicinska laboratoriet, samt fotograf Jerker Ekström, Akademiska sjukhuset.

Ekonomiskt bidrag har erhållits från Medicinska fakulteten, Uppsala universitet, samt från Statens medicinska forskningsråd.

LITTERATURFÖRTECKNING

1. Arslan, M.: On the renewing of the methodology for the stimulation of the vestibular apparatus. *Acta otolaryng.* Suppl. 122, 1955.
2. Aschan, G.: The mechanism of the cupula ampullaris in man. *Acta Soc. Med. Upsal. 60*, 77, 1955.
3. — The caloric test. *Acta Soc. Med. Upsal. 60*, 99, 1955.
4. Aschan, G. och Bergstedt, M.: The genesis of secondary nystagmus induced by vestibular stimuli. *Acta Soc. Med. Upsal. 60*, 113, 1955.
5. Aschan, G., Bergstedt, M. och Stahle, J.: Nystagmography. Recording of nystagmus in clinical neuro-otological examinations. *Acta oto-laryng.* Suppl. 129, 1956.
6. Aschan, G., Nylén, C. O., Stahle, J. och Wersäll, R.: The rotation test. Cupulometric data from 320 normals. *Acta oto-laryng. 42*, 451, 1952.
7. Aschan, G. och Stahle, J.: Nystagmografi vid Morbus Menière — under anfall och fritt intervall. *Svensk otolaryngol. förenings förhandl.* sid. 36, 1954–1955.
8. — Vestibular neuritis. *J. Laryng. & Otol. 70*, 497, 1956.
9. — Nystagmus in Menière's disease during attacks. A nystagmographical study. *Acta oto-laryng. 47*, 189, 1957.
10. Bárány, R. och Wittmaack, K.: Funktionelle Prüfung des Vestibularapparates. *Deutsche Otol. Gesellsch. Verhandl. 20*, 37, 1911.
11. Buys, E.: Notation graphique du nystagmus vestibulaire pendent la rotation. *Presse oto-laryngol. belg. 8*, 193, 1909.
12. — Contribution à l'étude du nystagmus oculaire de la rotation chez l'homme. *Rev. d'oto-neuro-ocul. 2*, 641, 1924.
13. Dohlman, G.: Physikalische und physiologische Studien zur Theorie des kalorischen Nystagmus. *Acta oto-laryng.* Suppl. 5, 1925.
14. van Egmond, A. A. J. och Groen, J. J.: Cupulometrie. *Pract. oto-rhino-laryng. 17*, 206, 1955.
15. van Egmond, A. A. J., Groen, J. J. och Jongkees, L. B. W.: The turning test with small regulable stimuli. I. Method of examination: Cupulometria. *J. Laryng. & Otol. 62*, 63, 1948.
16. — The mechanics of the semicircular canals. *J. Physiol. 110*, 1, 1949.
17. Fischer, M. H. och Wodak, E.: Experimentelle Untersuchungen über Vestibularisreaktionen. *Ztschr. f. Hals-, Nasen- u. Ohrenh. 3*, 198, 1922.
18. Fitzgerald, G. and Hallpike, C. S.: Studies in human vestibular function: I. Observations on the directional preponderance (''Nystagmusbereitschaft'') of caloric nystagmus resulting from cerebral lesions. *Brain 65*, 115, 1942.
19. Groen, J. J.: The mechanics of the labyrinth. International course in vestibular examination. Utrecht, 1953.
20. Hallpike, C. S., Harrison, M. S. och Slater, E.: Abnormalities of the caloric test results in certain varieties of mental disorder. *Acta oto-laryng. 39*, 151, 1951.
21. Hallpike, C. S. och Hood, J. D.: Fatigue and adaptation of the cupular mechanism of the human horizontal semicircular canal: an experimental investigation. *Proc. Roy. Soc. Med. 141*, 542, 1953.
22. Hallpike, C. S., Hood, J. D. och Byford, G. H.: The design, construction and performance of a new type of revolving chair. Some experimental results and their application to the physical theory of the cupular mechanism. *Acta oto-laryng. 42*, 511, 1952.
23. Hamersma, H.: The caloric test. A nystagmographical study. Diss. Amsterdam, 1957.
24. Henriksson, N. G.: Speed of slow component and duration in caloric nystagmus. *Acta oto-laryng.* Suppl. 125, 1956.
25. Hood, J. D. och Pfaltz, C. R.: Observations upon the effects of repeated stimulation upon rotational and caloric nystagmus. *J. Physiol. 124*, 130, 1954.
26. Hulk, J.: Cupulometrie. Diss. Utrecht, 1949.

27. Jongkees, L. B. W.: Value of the caloric test of the labyrinth. *Arch. Otolaryng. 48*, 402, 1948.
28. — Über die Untersuchungsmethoden des Gleichgewichtsorgans. *Fortschr. Hals-, Nas.-Ohrenheilk. 1*, 1, 1953.
29. Jung, R. och Tönnies, J. F.: Die Registrierung und Auswertung des Drehnystagmus beim Menschen. *Klin. Wschr. 26*, 513, 1948.
30. Mittermaier, R.: Über die Beeinflussung des experimentell ausgelösten Nystagmus durch wiederholte Reizungen. *Ztschr. f. Laryng., Rhin., Otol. 31*, 360, 1952.
31. — Über die Amplitude des experimentell ausgelösten Nystagmus. *Pract. oto-rhino-laryng. 16*, 108, 1954.
32. — Über systematische nystagmographische Untersuchungen des kalorischen und rotatorischen Nystagmus. *Acta oto-laryng. 44*, 574, 1954.
33. — Ergebnisse nystagmographischer Untersuchungen. *Pract. oto-rhino-laryng. 17*, 179, 1955.
34. — Betrachtungen zur Amplitude des Nystagmus. *Svensk otolaryngol. förenings förhandl. 3*, 35, 1956.
35. Mittermaier, R. och Christian, W.: Dauer, Schlagzahl und Gesamtamplitude des kalorischen Nystagmus. *Ztschr. f. Laryng., Rhin., Otol. 33*, 20, 1954.
36. Nylén, C. O.: Positional nystagmus. *J. Laryng. & Otol. 64*, 295, 1950.
37. Portmann, M., Desclaux, J., Bramerie, R. och Daléas, R.: À propos des nouvelles épreuves vestibulaires rotatoires. *Rev. de laryng. 9–10*, 685, 1954.
38. Rossberg, G.: Zur Vestibularisuntersuchung mit ruckartigen rotatorischen Reizen. *Arch. f. Ohren-, Nasen- u. Kehlkopfh. 168*, 19, 1955.
39. Schott, E.: Über die Registrierung des Nystagmus und anderer Augenbewegungen vermittels des Saitengalvanometers. *Deutsches Arch. f. Klin. Med. 140*, 79, 1922.
40. Stahle, J.: Transitorisk lägenystagmus. *Svensk otolaryngol. förenings förhandl. 5*, 16, 1956.
41. Torok, N.: Significance of the frequency in caloric nystagmus. *Acta oto-laryng. 36*, 38, 1948.
42. Wodak, E.: Diagnostic value of the latency period after caloric stimulation of vestibular apparatus. *Arch. Otolaryng. 55*, 381, 1952.

Uppsala 1958. Almqvist & Wiksells Boktr. AB 586125